

Switched attenuator diode microwave power sensor

Patent number: DE60000467T
Publication date: 2003-05-22
Inventor: SHEPHERD EWAN W (GB)
Applicant: AGILENT TECHNOLOGIES INC (US)
Classification:
- international: G01R21/12; G01R15/08
- european: G01R15/08; G01R21/12
Application number: DE20006000467T 20000403
Priority number(s): US19990289279 19990409

Also published as:

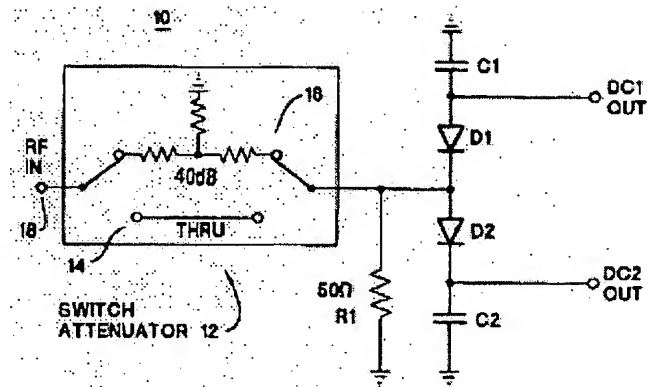
EP1043593 (A1)
US6407540 (B1)
JP2000346884 (A)
EP1043593 (B1)

Report a data error here

Abstract not available for DE60000467T

Abstract of corresponding document: **EP1043593**

The present invention relates to a switched attenuator diode microwave power sensor and more particularly to a true average, wide dynamic range microwave power sensor utilizing a switched step attenuator on the sensor input. The present invention provides a sensor that uses a switched attenuator to always keep the signal to the sensor diodes in their "square law" region of operation has significant advantages over the prior art. Staying in the valid "square law" operating region will enable accurate measurements to be made on arbitrarily modulated signals of high peak to average ratio



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)



①⑨ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

①⑫ **Übersetzung der
europäischen Patentschrift**

①⑨⑦ **EP 1 043 593 B 1**

①⑩ **DE 600 00 467 T 2**

①⑤ Int. Cl.⁷:
G 01 R 21/12
G 01 R 15/08

- ①⑪ Deutsches Aktenzeichen: 600 00 467.8
①⑨⑥ Europäisches Aktenzeichen: 00 302 808.1
①⑨⑥ Europäischer Anmeldetag: 3. 4. 2000
①⑨⑦ Erstveröffentlichung durch das EPA: 11. 10. 2000
①⑨⑦ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 18. 9. 2002
①④⑦ Veröffentlichungstag im Patentblatt: 22. 5. 2003

①③⑩ Unionspriorität:
289279 09. 04. 1999 US

①③⑨ Patentinhaber:
Agilent Technologies, Inc. (n.d.Ges.d.Staates
Delaware), Palo Alto, Calif., US

①③④ Vertreter:
Müller-Boré & Partner, Patentanwälte, European
Patent Attorneys, 81671 München

①③④ Benannte Vertragsstaaten:
DE, GB

①③② Erfinder:
Shepherd, Ewan W., Torphichen, Bathgate EH48
4NU, GB

①⑤① Dioden-Mikrowellenleistungssensor mit geschaltetem Dämpfungsglied

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 600 00 467 T 2

DE 600 00 467 T 2

DIODEN-MIKROWELLENLEISTUNGSSENSOR MIT GESCHALTETEM DÄMPFUNGSGLIED

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

5

Die vorliegenden Erfindung bezieht sich auf einen Dioden-Mikrowellenleistungssensor mit geschaltetem Dämpfungsglied und genauer auf einen Mikrowellenleistungssensor mit genauer Mittelwertbildung und breitem, dynamischem Bereich unter Verwendung eines geschalteten Stufendämpfungsglieds an dem Sensoreingang.

10

Das US-Patent 4 943 764 beschreibt einen Weg, um einen Leistungssensor so auszubilden, daß jeder Leistungssensorweg bzw. -pfad sich nominell in seinem "Bereich eines quadratischen Gesetzes" bzw. "Quadratgesetzbereich" befindet, wenn er überwacht wird, und somit es möglich macht, genaue Durchschnitts- bzw. Mittelwert-Leistungsmessungen an einem Radiofrequenzsignal unabhängig davon durchzuführen, welche Art bzw. Form einer Modulation dem Signal aufgeprägt wird. Das erste Beispiel ist eine Dioden-Dämpfungsglied-Dioden-Konfiguration, welche beansprucht ist, um genaue Mittelwert-Leistungsmessungen an jeglichem Signal zwischen -70 dBm und +20 dBm zu ergeben. Der Weg geringer Leistung, welcher in Fig. 6 gezeigt ist, welcher Dioden D1 und D2 verwendet, wird tatsächlich genaue Messungen zwischen -70 dBm und -20 dBm durchführen. Ein Problem entsteht, wenn versucht wird, Messungen in dem Bereich von -20 dBm bis +20 dBm mit einem Weg hoher Leistung durchzuführen. Für alle Leistungsniveaus des RF-Signals ist der Weg niedriger Leistung der vollen Stärke des Signals ausgesetzt und bei Leistungsniveaus oberhalb von -10 dBm werden die Dioden im Weg geringer Leistung beginnen, ihre RF-Impedanz (Videowider-

15

20

25

30

stand) zu ändern und auch harmonische Schwingungen aufgrund einer RF-Signalbeschränkung zu erzeugen. Bei Leistungsniveaus von +20 dBm werden diese Effekte hoher Leistung von den Dioden im Weg bzw. Pfad geringer Leistung stark werden, wodurch ungenaue Leistungsmessungen aufgrund einer Beschränkung des RF-Signals, einer Erzeugung von harmonischen Schwingungen, und erhöhter Eingabe- bzw. Eingangsreflexionen von der geänderten Eingangsimpedanz bewirkt werden. Dieses selbe Patent (US-Patent 4 943 764) beschreibt auch eine Dioden-Thermoelement-Anordnung, welche ein Dämpfungsglied nicht erfordert, sondern statt dessen ein antiparalleles Paar von Dioden für den Weg geringer Leistung wiederum verwendet, während für den Weg hoher Leistung ein Thermoelement-Leistungssensor verwendet wird. Diese Dioden-Thermoelement-Anordnung wir dieselben Probleme einer Erzeugung von harmonischen Schwingungen und einer RF-Impedanzänderung der Dioden des Wegs niedriger Leistung aufweisen, wobei die Meßgenauigkeit abnimmt bzw. verschlechtert wird, wie dies die Dioden-Dämpfungsglied-Dioden-Anordnung durchführte. Während diese Verschlechterung in der Meßgenauigkeit bis zu einem gewissen Ausmaß für CW-Signale korrigiert werden kann, wird sie die Messung von modulierten Signalen mit hohen Spitzen- bzw. Peak-Mittelwert-Verhältnissen (wie beispielsweise CDMA-Signalen) extrem ungenau machen.

Das US-Patent Nr. 5 204 613 mit dem Titel "RF-Leistungssensor, welcher eine verbesserte Linearität über einen größeren dynamischen Bereich aufweist" beschreibt einen Weg, um einen Leistungssensor herzustellen, so daß er einen Stapel bzw. ein Paket von zwei oder mehr Dioden in jedem Arm des antiparallelen Paares verwendet, um die prozentuelle Änderung der Sperrschicht- bzw. Grenzschichtkapazität über den Stapel von Dioden für eine vorgegebene RF-Eingangsleistung

im Vergleich zu einem Sensor mit einer einzelnen Diode in jedem Arm des antiparallelen Paares zu reduzieren. Die durch dieses Patent gegebene Erläuterung wird nur einen Sensor verbessern, welcher eine beträchtliche Verschlechterung in der Leistung aufgrund der Änderung in seiner Sperrschichtkapazität mit dem Leistungsniveau aufweist. Für kompliziertere Diodenstrukturen, wie beispielsweise die integrierten Dioden mit modifizierter Barriere (MBID), welche in einigen Sensoren verwendet werden, ist die Grenzschichtkapazität so niedrig, daß ihre Änderung mit dem Leistungsniveau eine minimale Änderung in der Diodenimpedanz relativ zu einer Last von 50 Ohm bewirkt. Daher würden MBID-Diodenstrukturen keinen Vorteil aus dieser Technik erzielen und dennoch haben sie eine "nicht-quadratische" Antwort bzw. ein "nicht-quadratisches" Ansprechen oberhalb von -20 dBm, wodurch ihre Fähigkeit begrenzt wird, genaue Mittelwert-Leistungsniveau-messungen an RF-Signalen mit großen Verhältnissen zwischen Spitzenleistung zu durchschnittlicher Leistung bei Leistungen zwischen -20 dBm und +20 dBm durchzuführen. Tatsächlich würde jede der üblicherweise verwendeten Dioden für RF-Leistungssensoranwendungen ungenaue, durchschnittliche bzw. mittlere Leistungsablesungen an RF-Signalen mit hohen Spitzen-Mittelwert-Verhältnissen oberhalb von -20 dBm durchführen, selbst wenn ein beliebig großer Stapel von Dioden vorhanden wäre, welcher den Einfluß einer Kapazitätsänderung über die Diodensperrschicht bei der Messung auf 0 reduzieren würde, selbst wenn die Änderung in der Dioden-Sperrschichtkapazität alles wäre, was zu Dioden-Nichtlinearitäten bei hoher Leistung beitragen würde.

30 EP 412 392 (Motorola) beschreibt die Verwendung eines geschalteten Dämpfungsglieds in einer Radiofrequenz-Leistungsmessungsschaltung.

Eine sorgfältige Analyse der Gründe des "nicht-quadratischen" Betriebs für Dioden, welche in RF-Leistungsfeststellungsanwendungen verwendet werden, hat gezeigt, daß eine
 5 Abweichung von dem Betrieb gemäß "quadratischem Gesetz" bzw. dem "Quadratgesetz"-Betrieb bei höheren Leistungsniveaus selbst in idealen Diodenmodellen gefunden wurde, und der Grund der Abweichung liegt in Annäherungen für kleine
 10 Signale, welche nicht länger bei großen Signalniveaus gültig sind. Eine Analyse, wie sie in der Anwendungs-Notiz 64-1A "Fundamentals of RF and Microwave Power Measurements", Hewlett-Packard Company, durchgeführt wird, wird nachfolgend kurz zusammengefaßt:

$$15 \quad i = I_s(e^{\alpha v} - 1) \quad (\text{Gl. 1})$$

wobei i = Diodenstrom

I_s = Diodensättigungsstrom, konstant bei einer vorgegebenen Temperatur

$$20 \quad \alpha = q/nKT \quad (\text{typischerweise } 40 \text{ V}^{-1})$$

v = Spannung über die Diode

Gleichung 1 kann umgeschrieben werden als eine Potenzreihe:

$$25 \quad i = I_s(\alpha v + \frac{1}{2!}(\alpha v)^2 + \frac{1}{3!}(\alpha v)^3 + \dots)$$

Es ist der zweite oder ein anderer Term gerader Ordnung in dieser Reihe, welcher eine Gleichrichtung zur Verfügung stellt; und für Signale geringen Leistungsniveaus ist nur
 30 der Term zweiter Ordnung signifikant, so daß von der Diode gesagt wird, daß sie in dem "Bereich des quadratischen Gesetzes" arbeitet. Wenn v so hoch ist, daß die Terme vierter und höherer Ordnung signifikant werden, befindet sich die

Diode nicht mehr in den Bereich des quadratischen Gesetzes, sondern befindet sich in dem "Übergangsbereich". Ein Weg, den "Bereich des quadratischen Gesetzes" auf einen Betrieb bei höherer Leistung auszudehnen bzw. zu erstrecken, ist es, mehrere Dioden in Serien zu stapeln, um die RF-Spannung über jede Diode zu reduzieren, wodurch der Bereich eines kleinen Signals erstreckt wird. Wenn mehrere Dioden dem Stapel hinzugefügt werden, wird der Bereich des Betriebs gemäß dem "quadratischen Gesetz" durch $20\log(n)$ in der Leistung erstreckt, während die Sensitivität bzw. Empfindlichkeit um $10\log(n)$ verschlechtert bzw. herabgesetzt wird, worin n die Anzahl von Dioden in dem Stapel ist. Derart beträgt der Anstieg im dynamischen Bereich des Betätigungsbereichs gemäß "quadratischem Gesetz" von dem Geräuschniveau bzw. Rauschpegel des Sensors bis zu dem Start des Übergangsbereichs $10\log(n)$.

Der Nachteil eines Stapelns von mehreren Dioden in Serie ist, daß vorhandene Sensoren mit einem weiten bzw. breiten dynamischen Bereich einen dynamischen Bereich von 90 dB von etwa -70dBm bis + 20dBm überstreichen, obwohl sie nicht genau modulierte Signale mit hohen Peak-Mittelwert-Verhältnissen über ihrem "Bereich eines quadratischen Gesetzes" messen können, welcher sich bis etwa -20 dB erstreckt. Jede alternative Lösung sollte einen dynamischen Bereich vom möglichst nahe 90 dB aufweisen. Um den "Bereich eines quadratischen Gesetzes" eines Betriebs eines Leistungssensors auf +20 dBm unter Verwendung eines Diodenstapels zu erstrecken, kann die Tatsache verwendet werden, daß die Erstreckung des "Bereichs eines quadratischen Gesetzes" proportional zu $20\log(N)$ ist, wie dies im vorhergehenden Absatz erwähnt wurde, um herauszufinden, daß ein Stapel von 100 Dioden erforderlich wäre. Nicht nur wäre ein 100 Dioden

langer Stapel physikalisch groß, sondern unter Verwendung der Formel, daß die Empfindlichkeit eines Diodensensors um $10\log(N)$ verschlechtert bzw. verringert wird, würde die neue Diode einen Rauschpegel von -50 dBm und somit einen dynamischen Bereich von nur 70 dB aufweisen.

Eine andere Technik, welche verwendet wurde, um genaue Mikrowellenleistungsmessungen in einem weiten dynamischen Bereich für ein hohes Spitzen-Mittelwert-Verhältnis einer Modulation zu versuchen und durchzuführen, ist es, einen CW-Sensor für eine gegebene Art einer Modulation über den interessierenden Leistungsbereich von beispielsweise -70 dBm bis +20 dBm zu charakterisieren. Während diese Technik mit relativ engen Bandbreitenmodulationen arbeiten wird, wird die Notwendigkeit eines Zuführens eines Hochfrequenzsignals bis zu dem Kabel, welches den Leistungssensor mit dem Leistungsmeßgerät verbindet, ohne Verschlechterung, diese Technik auf geringere bzw. niedrigere Frequenzmodulationen beschränken. Dies wird ein Nachteil sein, da die Modulationsbandbreiten der Signale unverändert ansteigen.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Es ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung, einen Mikrowellenleistungssensor mit geschalteter Dämpfungsdiode und genauer einen Mikrowellenleistungssensor mit richtigem Mittelwert und weitem bzw. breitem dynamischen Bereich unter Verwendung eines geschalteten Stufendämpfungsglieds an dem Sensoreingang zur Verfügung zu stellen.

In einer bevorzugten Ausführungsform stellt die vorliegende Erfindung einen Mikrowellenleistungssensor mit geschaltetem Dämpfungsglied zur Verfügung, umfassend Mittel bzw. Ein-

richtungen zum Empfangen von RF-Signalen, welche breite bzw. weite dynamische Leistungsbereiche aufweisen; ein antiparalleles Paar von Sensordiodenmitteln zum Messen des Leistungsniveaus der empfangenen RF-Signale; geschaltete Dämpfungsmittel bzw. -einrichtungen, welche einen ersten Zustand niedrigen Verlusts für RF-Signale im Bereich niedriger Leistung und zweiten gedämpften Zustand für RF-Signale im Bereich höherer Leistung aufweisen; wobei die geschalteten Dämpfungsmittel die empfangenen RF-Signale durch den ersten Zustand niedrigen Verlusts zu den Sensordiodenmitteln schalten, wenn das empfangene Niveau der RF-Leistung an dem Niveau niedrigerer Leistung liegt, wobei die geschalteten Dämpfungsmittel die RF-Signale durch den zweiten, gedämpften Zustand zu den Sensordiodenmitteln schalten, wenn das empfangene Niveau der RF-Leistung über dem Niveaubereich niedrigerer Leistung liegt, so daß die Sensordiodenmittel in ihrem Bereich mit Quadratgesetzcharakteristik arbeiten und die Leistungsniveaus über die weiten bzw. breiten, dynamischen Bereiche der empfangenen RF-Signale messen.

Andere Ziele, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der nachfolgenden detaillierten Beschreibung im Zusammenhang mit den beigezeichneten Zeichnungen ersichtlich werden.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Die beigezeichneten Zeichnungen, welche in diese Beschreibung aufgenommen und einen Teil davon bilden und in welchen gleiche Bezugszeichen gleiche Komponenten bezeichnen, illustrieren Ausführungsformen der Erfindung und dienen gemein-

sam mit der Beschreibung zur Erläuterung der Prinzipien der Erfindung:

- Fig. 1 zeigt einen Mikrowellenleistungssensor mit geschalteter Dämpfungsdiode gemäß der vorliegenden Erfindung.
- 5 Fig. 2 zeigt einen Mikrowellenleistungssensor mit geschaltetem Dämpfungsdiodenstapel gemäß der vorliegenden Erfindung.
- Fig. 3 zeigt eine andere Ausführungsform des Mikrowellenleistungssensors gemäß der vorliegenden Erfindung.
- 10 Fig. 4 zeigt noch eine andere Ausführungsform des Mikrowellenleistungssensors gemäß der vorliegenden Erfindung.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

- 15 Es wird nun im Detail auf die bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung Bezug genommen, von welcher Beispiele in den beigeschlossenen Zeichnungen illustriert sind, wo gleiche Bezugszeichen gleiche Komponenten bezeichnen. Während die Erfindung im Zusammenhang mit den bevorzugten Ausführungsformen beschrieben werden wird, sollte
- 20 verstanden werden, daß diese nicht beabsichtigen, die Erfindung auf diese Ausführungsformen zu beschränken. Im Gegensatz dazu wird für die Erfindung beabsichtigt, daß sie Alternativen, Modifikationen und Äquivalente abdeckt, welche im Geist oder Rahmen der Erfindung beinhaltet sein können, wie sie durch die beigeschlossenen Ansprüche definiert ist.
- 25

Die vorliegende Erfindung stellt einen Sensor zur Verfügung, welcher ein geschaltetes Dämpfungsglied verwendet, um

30 das Signal an die Sensordiode immer in ihrem Bereich "eines quadratischen Gesetzes" bzw. "Quadratgesetz"-Bereich eines Betriebs zu halten und weist beträchtliche Vorteile gegen-

über allen vier Beispielen des oben erwähnten Standes der Technik auf.

Der Radiofrequenz-Leistungssensor mit weitem bzw. breitem dynamischen Bereich (US-Patent 4 943 764), welcher oben erwähnt wurde, wird die Dioden in seinen Weg niedriger bzw. geringer Leistung aufweisen, wodurch die Meßgenauigkeit von Signalen oberhalb von 0 dBm aufgrund ihres abnehmenden Videowiderstands verschlechtert wird und begonnen wird, das Niveau des Eingangssignals auf den Weg hoher Leistung zu beschränken, als auch die Erzeugung von unerwünschten harmonischen Schwingungen, welche die Messung verzerren können. Derart würde diese Technik nicht fähig sein, genau willkürliche Formate von Signalen mit einem hohen Spitzen-Mittelwert-Verhältnis zu messen, wenn dies für ein Messen von CW-Signalen oder eines bestimmten Formats von Signalen mit einem hohen Spitzen-Mittelwert-Verhältnis charakterisiert wurde. Das Konzept eines geschalteten Stufendämpfungsglieds vermeidet diese Probleme, indem nur Signale zwischen -70 dBm und -20 dBm dem Diodensensor präsentiert werden, so daß er sich immer in seinem Bereich eines quadratischen Gesetzes befindet, wodurch genaue Messungen durchgeführt werden, und es gibt keine Dioden im Weg geringer Leistung, welche Signalen mit hohen Niveaus ausgesetzt sind, um eine Verzerrung zu bewirken. Feststoff-GaAs-Schalter und andere Arten von Mikrowellenschalter sind verfügbar, welche Signale hohen Niveaus ($> +23$ dBm) mit minimaler Verzerrung handhaben können, und so wird die gesamte Schaltung mit geschaltetem Dämpfungsglied und der Diode fähig sein, genaue Messungen über einen weiten dynamischen Bereich für willkürlich modulierte Signale mit hohen Spitzen-Mittelwert-Verhältnissen zur Verfügung zu stellen.

Ein RF-Leistungssensor, welcher eine verbesserte Linearität über einen größeren dynamischen Bereich (US-Patent 5 204 613) aufweist, beschreibt eine Technik, um die Nichtlinearitäten aufgrund einer von der Leistung abhängigen Diodensperrkapazität zu reduzieren, welche bewirkt, daß der Leistungssensor von seinen "Quadratgesetz"-Charakteristika abweicht und ungenaue Messungen bei Niveaus hoher Leistung ergibt. Wie vorher erwähnt, wird dieser Technik nur in Diodensensor helfen, dessen Leistung bzw. Leistungsfähigkeit gegenwärtig durch die Änderung in der Sperrschichtkapazität gegenüber der Leistung beschränkt ist, wobei dies nicht der Fall für viele Leistungssensoren ist, welche MBID-Dioden verwenden, deren Sperrschichtkapazität so niedrig ist, daß ihre Änderung mit der Leistung ein unbedeutender Teil des Grunds ist, daß sich die Sensordioden nicht mehr länger in dem Betriebsbereich "des quadratischen Gesetzes" oberhalb von -20 dBm befinden. Für die meisten Diodensensoren liegt der Grund, daß sie den Betriebsbereich des "quadratischen Gesetzes" verlassen, darin, daß, wenn die RF-Eingabe- bzw. Eingangsleistung erhöht wird, die geraden Terme höherer Ordnung in der Taylor-Reihenentwicklung der Dioden-Betriebsgleichung signifikant relativ zu den Termen aufgrund des Quadrats der RF-Spannung werden und die vereinfachten Annäherungen, welche einen Betrieb entsprechend einem "quadratischen Gesetz" ergeben, nicht länger gültig sind. Der Diodensensor mit geschaltetem Dämpfungsglied verwendet eine programmierbare Dämpfung bzw. Schwächung von 0 oder 40 dB, um immer die RF-Leistung, welche der Sensordiode zugeführt wird, bei oder unter -20 dBm zu halten, damit die Annäherungen in dem Betriebsbereich des "quadratischen Gesetzes" gut erfüllt sind. Ein Verbleib in dem gültigen Betriebsbereich des "quadratischen Gesetzes" wird dann ermöglichen, daß genaue Messungen an willkürlich modulierten Signalen

eines hohen Spitzen-Mittelwert-Verhältnisses durchgeführt werden.

Der Diodendetektor mit einem Quadratgesetz-Betrieb bei hoher Leistung stellt eine Technik zur Verfügung, umgestapelte Dioden zu verwenden, um den dynamischen Bereich des Betriebsbereichs eines "quadratischen Gesetzes" eines auf einer Diode basierenden Mikrowellenleistungssensors zu erhöhen. Der Nachteil dieser Technik ist, wie vorher erwähnt, daß, während der Betriebsbereich des "quadratischen Gesetzes" um $10\log(N)$ dB erstreckt wird, die Empfindlichkeit (und damit das Geräuschniveau bzw. der Rauschpegel) des Sensors auch um $10\log(N)$ dB verschlechtert wird. Daher würde, um den "Quadratgesetz"-Betriebsbereich des Leistungssensors von 50 dB auf 70 dB unter Verwendung des Zugangs mit einem Diodenstapel zu erhöhen, der gesamte dynamische Bereich des Sensors von 90 dB auf 70 dB verschlechtert werden. Der Zugang mit einer Diode mit geschaltetem Dämpfungsglieds gibt einen dynamischen Bereich des "quadratischen Gesetzes" und einen gesamten dynamischen Bereich, welche gleich sind, und es wird nur der Einsteck- bzw. Einsetzverlust des Schalters in dem 0 dB-Zustand den dynamischen Bereich -90 dB verschlechtern, welcher mit einem traditionellen Diodensensor erhältlich ist. Mit GaAs-Schaltern hoher Qualität, welche einen Einsteckverlust von nur 1 bis 2 dB bis zu 10 GHz aufweisen, kann der Bereich des "quadratischen Gesetzes" und der gesamte dynamische Bereich des Diodensensors mit geschaltetem Dämpfungsglied 88 bis 89 dB bis 10 GHz betragen, wobei dies eine große Verbesserung gegenüber dem Zugang mit einem Diodenstapel ist. Wiederum wird der dynamische Bereich des "quadratischen Gesetzes" mit dem dynamischen Bereich korreliert sein, daß der Sensor fähig

ist, genaue Messungen an willkürlich modulierten Signalen mit hohem Spitzen-Mittelwert-Verhältnissen durchzuführen.

Schließlich ist es nützlich, die Technik eines Heranziehens
5 eines Standardsensors mit weitem dynamischen Bereich und
eines Charakterisierens und Bereitstellens von Korrekturen
für diesen in dem Leistungsmeßgerät über den gesamten inte-
ressierenden Betriebsleistungsbereich, typischerweise -70
dBm bis +20 dBm zu erwähnen. Da der Betätigungsbereich von
10 -20 dBm bis +20 dBm sich nicht in dem "quadratischen Ge-
setz" befinden würde, wird der Gleichspannungsausgang nicht
länger direkt zu der durchschnittlichen bzw. mittleren RF-
Leistung durch einen einfachen geradlinigen Zusammenhang in
Beziehung stehen und die Korrekturen für ein CDMA-Signal
15 mit einer vorgegebenen mittleren Leistung werden sich von
denjenigen für ein CW-Signal für dieselbe mittlere Leistung
unterscheiden. In dieser Technik wird jedoch das Signal in
dem Sensor demoduliert und die modulierten Signale werden
dann zu einem Kabel zu dem Leistungsmeßgerät gesandt, wo-
20 durch eine Bandbreitenbegrenzung an den Modulationen bestē-
hen wird, welche genau gemessen werden können. Der Dioden-
sensor mit geschaltetem Dämpfungsglied macht immer Messun-
gen in seinem "Quadratgesetz"-Betriebsbereich und weist
seine gesamte Hochfrequenzmodulation auf den Sensor be-
25 schränkt auf. Derart kann die Diode mit geschaltetem Dämp-
fungsglied genaue Mittelwertleistungsmessungen an jeder Art
von Signal, unabhängig davon, ob CW-, TDMA-, oder sogar ein
CDMA-Signal mit einem hohen Spitzen-Mittelwert-Verhältnis
und einer willkürlich breiten Bandbreite durchführen.

30

Die erste und grundlegendste Ausführungsform der vorliegen-
den Erfindung ist in Fig. 1 gezeigt. Der Sensor 10 startet
mit einem standardmäßigen, antiparallelen Paar von Sensor-

dioden D1, D2 parallel zu einem 50 Ohm Widerstand R1, welcher verwendet wird, um das einlangende Signal von einer 50 Ohm Impedanz in einer Last niedriger Reflektion zu beenden. Die entsprechende DC1-Ausgabe und DC2-Ausgabe werden von den entsprechenden C1, D1 und C2, D2-Verbindungen bzw. -Anschlüssen abgenommen. Zu dieser Standard-Sensortopologie wird ein geschaltetes Mikrowellen-Dämpfungsglied 12 hinzugefügt, welches sich entweder in den "durchlässigen" Zustand 14 ("thru") mit einem sehr geringen Verlust (so nahe wie möglich bei 0 dB) oder in dem 40 dB-Zustand 16 mit einem Verlust von etwa 40 dB für das RF-Eingangssignal befindet. Für Signale niedriger Leistung zwischen etwa -70 dBm und -20 dBm würde der Schalter 12 in den "durchgehenden" Zustand 14 gesetzt bzw. eingestellt sein, um eine sehr niedrige Signalabschwächung zu ergeben und den Geräuschpegel des Sensors so gering wie möglich zu machen. Alle Signale in dem Bereich von ungefähr -70 dBm bis -20 dBm würden sich dem Bereich des "quadratischen Gesetzes" der Dioden D1, D2 befinden und es könnten somit die Sensordioden D1, D2 genaue Messungen mittlerer Leistung selbst an Signalen durchführen, welche eine Modulation aufweisen, welche hohe Spitzen-Mittelwert-Leistungsverhältnisse erzeugten. Wenn das Leistungsniveau oberhalb von etwa -20 dBm liegt, würde der Mikrowellenschalter 12 so eingestellt, daß das 40 dB-Dämpfungsglied 16 in den Sensorweg eingeschaltet ist, so daß nun Signale, welche den Sensor 10 in dem Bereich von -20 dBm bis +20 dBm erreichen, auf den Bereich von etwa -60 dBm bis -20 dBm gedämpft bzw. geschwächt würden, wenn sie die Sensordioden D1, D2 erreichen. Mit den Signalen an den Dioden D1, D2 in dem Bereich von -60 dBm bis -20 dBm würden die Dioden D1, D2 wiederum in ihrem Quadratgesetz-Bereich arbeiten und würden so genaue Messungen mittlerer Leistung bzw. genaue Mittelwertleistungsmessungen an modulierten

Signalen mit hohen Spitzen-Mittelwert-Leistungsverhältnis als auch an CW-Signalen durchführen.

Während für die meisten Anwendungen die bevorzugte Ausführungsform der in Fig. 1 gezeigten Architektur GaAs-Schalter in dem geschalteten Dämpfungsglied für eine Zuverlässigkeit und einen Breitbandbetrieb verwenden würden, beabsichtigt diese Erfindung, jegliche Art von Schaltern in der Struktur mit geschaltetem Dämpfungsglied zu beinhalten, unabhängig davon, ob sie mechanisch, eine PIN-Diode, Silizium oder tatsächlich jede andere Art einer Schalterstruktur sind, welche für ein Routen bzw. Umleiten von Hochfrequenzsignalen geeignet sind. In ähnlicher Weise ist, obwohl für den Widerstandsabschluß R1 gezeigt ist, daß er 50 Ohm in Fig. 1 beträgt, dies nur ein nomineller Wert, und Widerstandswerte von höher als 50 Ohm sollen insbesondere in dieser Erfindung beinhalten sein, um einen nahezu exakten Wert von 50 Ohm für die Kombination des Widerstands und des Videowiderstands des antiparallelen Diodenpaars zu ergeben, um die beste Last bzw. Belastung niedriger Reflexion zu bilden. Zusätzlich kann für Systeme mit Eingangsimpedanzen unterschiedlich von 50 Ohm der Widerstand eingestellt werden, um eine niedrige Reflexion von dem Sensor zu ergeben.

In vielen Sensoren gibt es ein Eingangsdämpfungsglied mit festgelegtem Wert vor den Dioden, um eine bessere Eingangsabstimmung auf den Sensor zu ergeben und die Verzerrung zu verringern, welche durch Effekte hoher Leistung in den Sensordioden bewirkt werden. Das festgelegte Dämpfungsglied wurde aus Gründen der Einfachheit in Fig. 1 nicht gezeichnet, wobei die vorliegende Erfindung insbesondere darauf abzielt, den Zusatz eines festlegten Dämpfungsglieds zu beinhalten, falls dies gewünscht ist.

- Die nächste Ausführungsform der Erfindung ist in Fig. 2 gezeigt, wo ein Stapel von zwei oder mehr Dioden D1, D2, D3, D4 in der antiparallelen Konfiguration als das Sensorelement nachfolgend auf das geschaltete Dämpfungsglied verwendet wird. Die Verwendung eines Diodenstapels wird den dynamischen Bereich des Quadratgesetzbereiches eines Betriebs um $10\log(N)$, wie vorher erwähnt (wobei N die Anzahl der Dioden in dem Stapel ist) erstrecken, wodurch eine genauere Messung der Leistungsspitzen im Signal eines hohen Spitzen-Mittelwert-Leistungsverhältnisses, insbesondere nahe den Abschnitten hoher Leistung sowohl des Wegs niedriger Leistung als auch des Wegs hoher Leistung zu messen. Obwohl eine gewisse Empfindlichkeit gegenüber Signalen sehr geringen Niveaus durch ein Verwenden der Diodenstapelanordnung aufgegeben wird, macht in vielen Fällen die Verbesserung in der Linearität bei den Bereichen hoher Leistung von beiden Wegen diesen Verlust an Empfindlichkeit mehr als wett.
- Die dritte Ausführungsform dieser Erfindung ist in Fig. 3 gezeigt, welche ähnlich zu der Basiserfindung ist, wobei jedoch anstelle des Sensors 30 unter Verwendung eines geschalteten Dämpfungsglieds mit nur einem 40 dB Zustand nun ein geschaltetes Dämpfungsglied 34 verwendet wird, welches in einen 0 dB Zustand 40, einen 25 dB Zustand 36 oder einen 50 dB Zustand 42 geschaltet werden kann. Diese Version der Erfindung würde den Vorteil haben, daß Leistungsbereiche, welche den Dioden D1, D2 präsentiert werden, nun derart positioniert werden können, daß die Dioden D1, D2 in dem genauesten Bereich ihres "Quadratgesetz"-Bereiches arbeiten können, und wenn der Sensor 30 in dem Abschnitt niedriger Leistung eines vorgegebenen Bereichs arbeitet, ist das empfangene Signal höher über dem Sensorrauschniveau, wobei

dies erlaubt, daß schnellere Messungen aufgrund einer geringeren Mittelwertbildung durchgeführt werden, welche erforderlich sind, um ein vorgegebenes Genauigkeitsniveau zu erreichen. Als ein Beispiel würde, wenn ein -70 dBm bis +20
5 dBm Signal genommen wird, der geschaltete Dämpfungsglied-sensor 30 mit 0 dB, 25 dB und 50 dB fähig sein, dieses Signal in ein -70 dBm bis -25 dBm Signal in dem "durchgehenden" Weg 40, ein -25 dBm bis 0 dBm Signal, umgeschaltet in den 25 dB Dämpfungsweg 36, und ein 0 m bis 20 dBm Signal,
10 umgeschaltet in den 50 dB Dämpfungsweg 42 zu unterteilen.

In der Annahme, daß kein festgelegtes Eingangsdämpfungsglied für dieses Beispiel verwendet wird, würde dies ein -70 dBm bis -25 dBm Signal für die Sensordioden D1, D2 für
15 den "durchgehenden" Weg 40, ein -50 dBm bis -25 dBm Signal für die Sensordioden D1, D2 für den 25 dB Dämpfungsweg 36, und ein -50 dBm bis -25 dBm Signal für die Dioden D1, D2 für den 50 dB Dämpfungsweg 42 ergeben. Wo die Struktur mit dem 0/40 dB geschalteten Dämpfungsglied ein -60 dBm Signal
20 an dem Abschnitt geringster Leistung des 40 dB Dämpfungswegs ergibt, wird die 0/25 dB/50 dB Dämpfungsstruktur 34 wenigstens ein -50 dBm Signal in den Abschnitten geringster Leistung des 25 dB Wegs 36 und des 50 dB Wegs 42 ergeben, wodurch die Signal-Rausch-Verhältnisse um 10 dB verbessert
25 würden. Zusätzlich würden die höchsten Leistungen in den Sensordioden jeweils in dem 0, 25 dB und 50 dB Dämpfungssensor 30 jeweils -25 dBm betragen, wobei dies eine Verbesserung von 5 dB gegenüber dem Sensor 10 mit 0/40 dB geschalteten Dämpfungsglied der Fig. 1 ist, wobei dies in
30 eine bessere Genauigkeit für ein moduliertes Signal mit sehr hohen Spitzen-Mittelwert-Verhältnissen übertragen werden kann.

Die abschließende Ausführungsform, welche für den Sensor 50 beansprucht ist, ist in Fig. 4 gezeigt, wo die Konfiguration der Fig. 1 verwendet wird, wobei jedoch nun eine zusätzliche Position zu dem Schalter 52 hinzugefügt wird, so daß der Eingang der Sensordioden D1, D2 entweder direkt von dem RF-Eingabe- bzw. -Eingangssignal 18 ohne eine zusätzliche Dämpfung 56, von der RF-Eingangsdämpfung mit etwa 40 dB einer Überschuß-Dämpfung 58 oder von einem Kalibriersignal 60 kommen kann, welches bei einer Frequenz von 50 MHz typisch ist. Obwohl typischerweise Diodensensoren auf ein Leistungsniveau von 0 dBm kalibriert sind, würde die bevorzugte Ausführungsform für den Diodensensor mit geschaltetem Dämpfungsglied ein Kalibriersignal von etwa -30 dBm sein, so daß die Dioden D1, D2 in dem Leistungsbereich kalibriert sind, in welchem sie verwendet werden, obwohl die Fähigkeit eines Kalibrierens bei anderen Leistungsniveaus insbesondere in der Beschreibung dieser Erfindung beinhaltet ist. Der Vorteil, fähig zu sein, in ein Kalibriersignal 60 umzuschalten, ist, daß die Hauptquelle von Fehlern in Leistungsmessungen oft die Variation eines Diodenansprechens mit der Temperatur ist und diese Kalibrierung wird erlauben, daß die Temperatur- und Feuchtigkeitsabhängigkeit der Diodenausgabe bzw. des Diodenausgangs ohne Entfernung des Sensors von dem Testaufbau kalibriert werden können. Die Fähigkeit, den Sensor mit dem Testausgang verbunden zu halten, während eine Kalibrierung durchgeführt wird, trägt stark zur Nützlichkeit bzw. Einsetzbarkeit bei, wodurch voll automatisierte Messungen als auch häufige Kalibrierungen erlaubt werden, welche ohne menschliches Eingreifen durchgeführt werden.

Die vorangehenden Beschreibungen von bestimmten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung wurden für Zwecke

einer Illustration und Beschreibung präsentiert. Sie sind nicht gedacht, erschöpfend zu sein oder die Erfindung auf die präzisen, geoffenbarten Formen zu beschränken, und es sollte verstanden werden, daß viele Modifikationen und Abänderungen in dem Licht der obigen Lehre möglich sind. Die Ausführungsformen wurden ausgewählt und beschrieben, um am besten die Prinzipien der Erfindung und ihrer praktischen Anwendung zu erläutern und dadurch anderen Fachleuten zu ermöglichen, die Erfindung und verschiedene Ausführungsformen mit verschiedenen Modifikationen am besten zu verwenden, wie sie für den betrachteten speziellen Zweck ins Auge gefaßt sind. Es ist beabsichtigt, daß der Bereich der Erfindung durch die hier angeschlossenen Ansprüche definiert wird.

Amtl. Aktenzeichen: 00 302 808.1-1236

Anmelder: Agilent Technologies, Inc.

"Dioden-Mikrowellenleistungssensor mit geschaltetem Dämpfungsglied"

Unser Zeichen: EU 3706 - ro / sei

Ansprüche

1. Dioden-Mikrowellenleistungssensor (10, 20, 30, 50), umfassend:
Mittel bzw. Einrichtungen zum Empfangen von RF-Signalen mit breiten bzw. weiten, dynamischen Leistungsbereichen;
Sensordiodenmittel (D1 - D4), die innerhalb eines eine Quadratgesetzcharakteristik aufweisenden Bereichs bzw. eines Quadratgesetzbereichs zum Messen des Leistungsniveaus der empfangenen RF-Signale arbeiten,
gekennzeichnet dadurch, daß er geschaltete Dämpfungsmittel bzw. -einrichtungen (12, 34, 52) aufweist, die einen ersten Zustand niedrigen Verlusts für RF-Signale im Bereich niedriger Leistung und einen zweiten, gedämpften Zustand für RF-Signale im Bereich höherer Leistung aufweisen; wobei die geschalteten Dämpfungsmittel (12, 34, 52) die empfangenen RF-Signale durch den ersten Zustand niedrigen Verlusts zu den Sensordiodenmitteln (D1 - D4) schalten, wenn das empfangene Niveau der RF-Leistung an dem unteren Leistungsniveau liegt, wobei die geschalteten Dämpfungsmittel (12, 34, 52) die RF-Signale durch den zweiten, gedämpften Zustand zu den Sensordiodenmitteln (D1 - D4) schalten, wenn das empfangene Niveau der RF-Leistung über dem unteren Leistungsniveaubereich liegt, so daß die Sensordiodenmittel (D1 - D4) in dem Bereich mit Quadratgesetzcharakteristik arbeiten und die Leistungsniveaus über die weiten bzw. breiten, dynamischen Bereiche der empfangenen RF-Signale messen.
2. Leistungssensor (10, 20, 30, 50) nach Anspruch 1, worin die Sensordiodenmittel (D1 - D4) ein Paar von Sensordioden (D1, D2) zum Messen der Leistungsniveaus der empfangenen RF-Signale umfassen.
3. Leistungssensor (10, 20, 30, 50) nach Anspruch 2, worin der niedrige Leistungsniveaubereich zwischen etwa -70 dBm und -20 dBm liegt.

4. Leistungssensor (10, 20, 30, 50) nach Anspruch 3, worin der erste Zustand niedrigen Verlusts nahe 0 dB beträgt und der zweite, gedämpfte Zustand etwa 40 dB beträgt.

5

5. Leistungssensor (10, 20, 30, 50) nach Anspruch 3, worin der erste Zustand niedrigen Verlusts nahe 0 dB beträgt, der zweite, gedämpfte Zustand etwa 25 dB beträgt und einen dritten, gedämpften Zustand von etwa 50 dB beinhaltet.

10 6. Leistungssensor (10, 20, 30, 50) nach Anspruch 3, worin die geschaltete Dämpfungsvorrichtung (12, 34, 52) Mittel zum Empfangen eines Kalibriersignals zum Kalibrieren der Sensordiodenmittel umfaßt.

15 7. Leistungssensor (10, 20, 30, 50) nach Anspruch 3, worin die geschaltete Dämpfungsvorrichtung (12, 34, 52) Mittel zum Empfangen von entweder einem Kalibriersignal (60) oder eine RF-Eingabe von einem RF-Schalter beinhaltet, der der geschalteten Dämpfungsvorrichtung (12, 34, 52) vorgeschaltet ist, um die geschaltete Dämpfungsvorrichtung (12, 34, 52) und die Sensordiode (D1 - D4) zu kalibrieren.

20

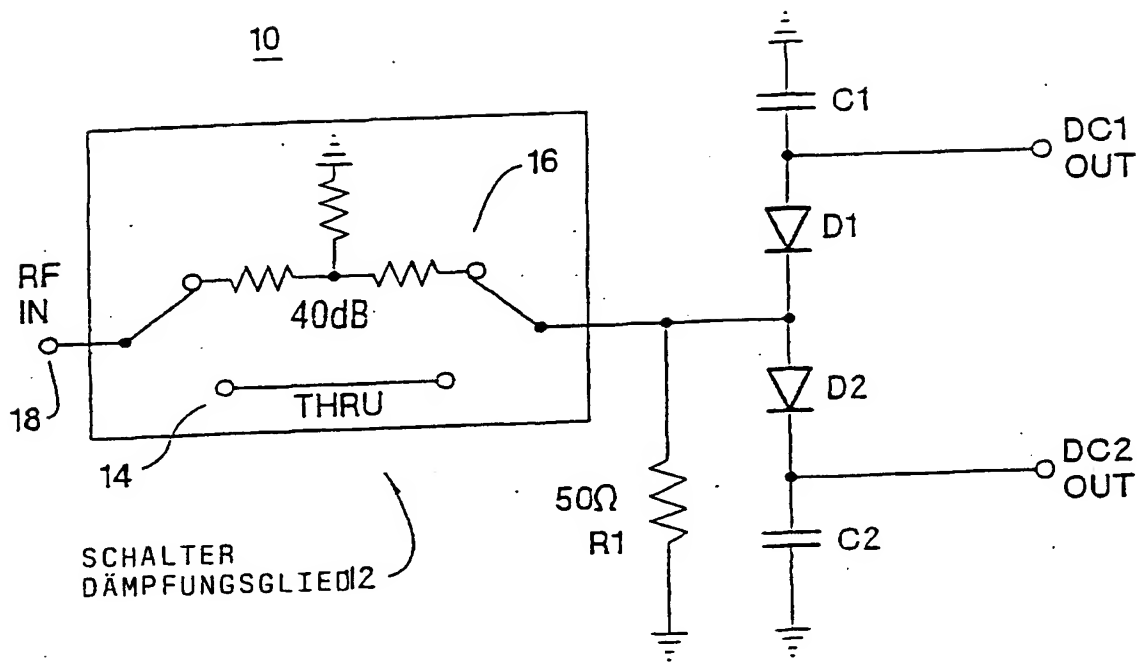


FIG. 1

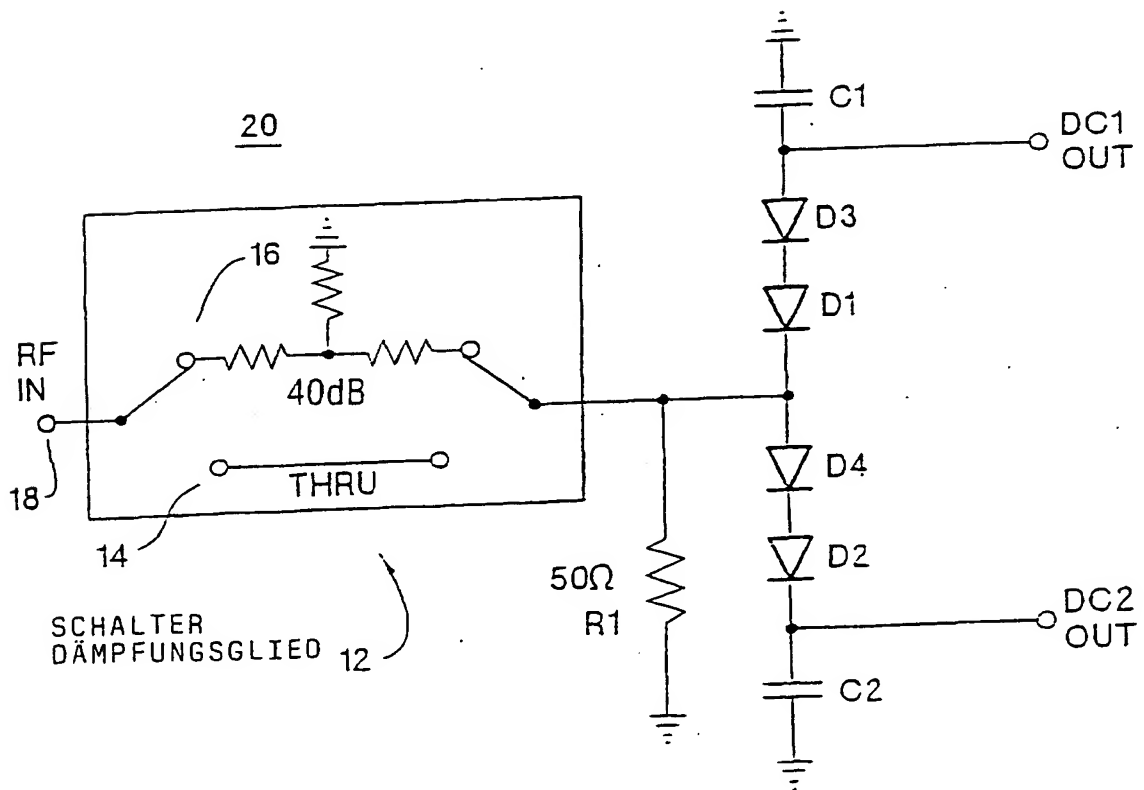


FIG. 2

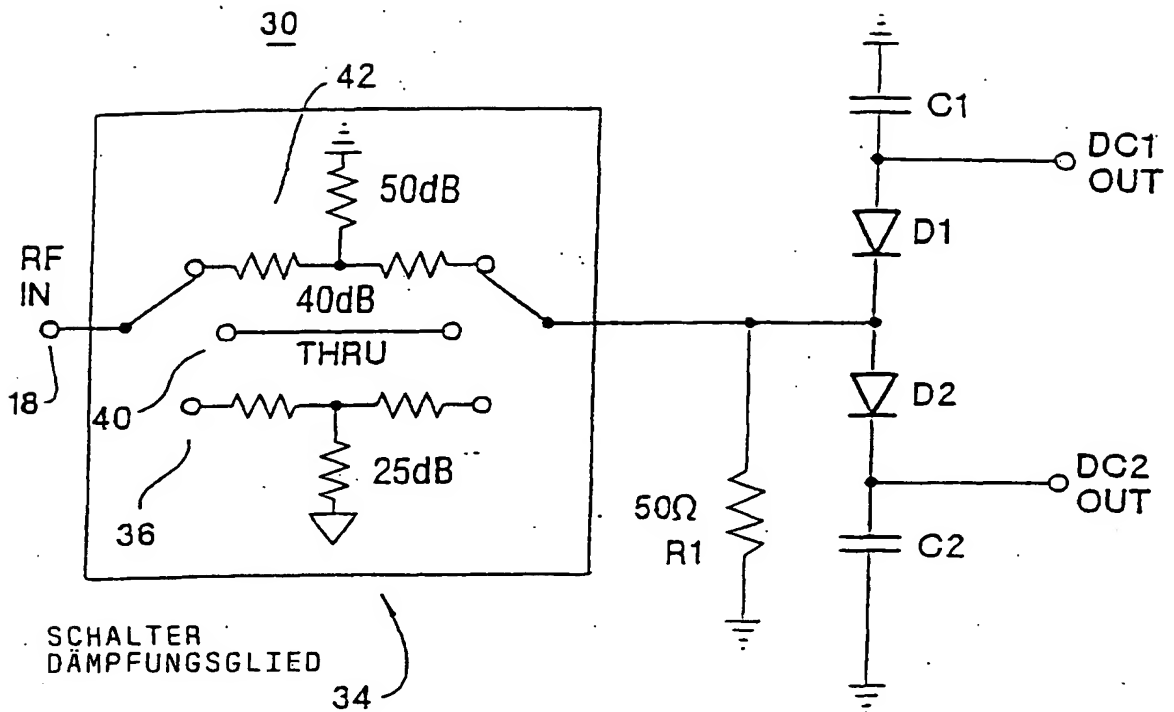


FIG. 3

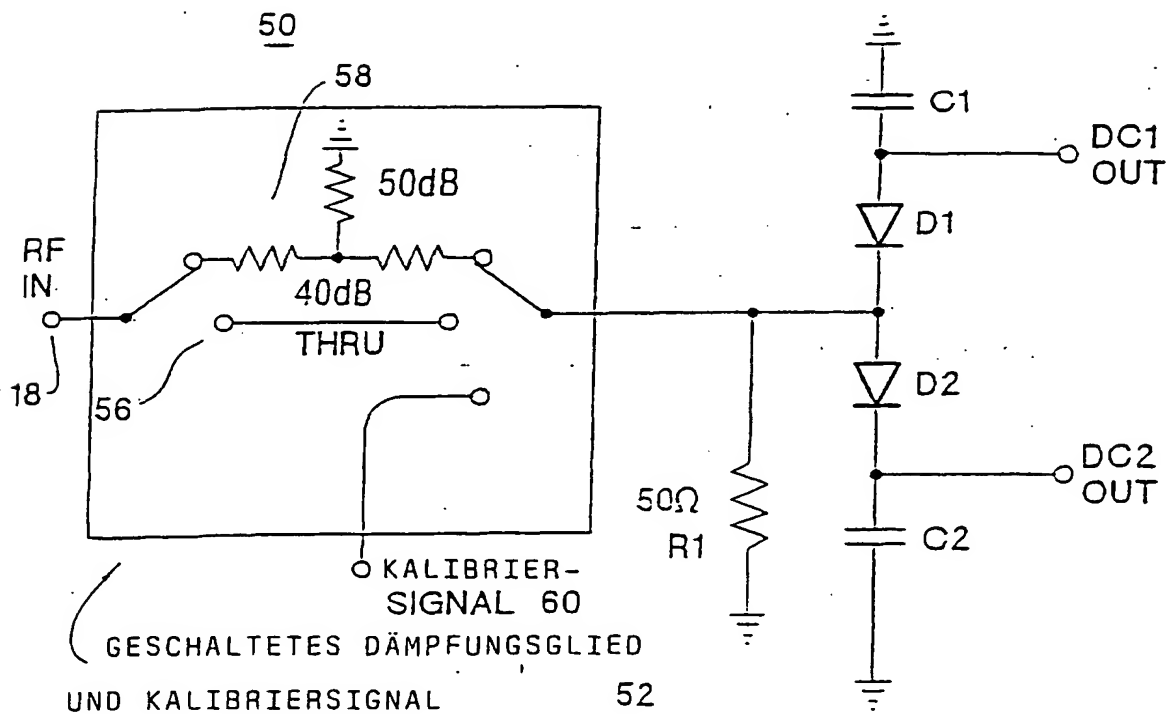


FIG. 4

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)